

# ムラサキキャベツを使った教材開発と実践例(Ⅱ)

## ——ムラサキキャベツ液を使った水の電気分解——

### Developments of Teaching Materials Using Red Cabbage Juice and Their Practice Reports(Ⅱ)

木 村 憲 喜      薮 野      駿      中 村 文 子  
Noriyoshi KIMURA      Shun YABUNO      Fumiko NAKAMURA  
(和歌山大学教育学部化学教室)

佐 武      昇  
Noboru SATAKE  
(和歌山大学教育学部附属中学校)

2016年10月3日受理

#### Abstract

本研究では、ムラサキキャベツ液を用いて水の電気分解時における化学反応やイオンが移動する様子を視覚的にとらえることを試みた。その結果、水溶液中で pH(水素イオン指数)が変化していく様子をより良く観察できることがわかった。よって、本教材は、中高等学校の授業で発展的な学習として利用できる可能性があると考えられる。

#### 1. はじめに

ムラサキキャベツ抽出液を用いた酸塩基(アルカリ)の実験は古くから知られており、小中高のさまざまな教科書で紹介されている<sup>1-3)</sup>。我々は、ムラサキキャベツ液を使って表1に示したような身近な水の酸性度を測定した<sup>4)</sup>。その結果、ムラサキキャベツ液の色に大きな違いを示すことがわかった<sup>4)</sup>。

さらに、中高生がムラサキキャベツ液の色変化を、中和滴定により再現できることも確認した<sup>4)</sup>。そこで、

今回、新たに水の電気分解において、電極付近の酸性度がどのように変化するかをムラサキキャベツ液などの指示薬を使って調べてみた。また、中学校や高等学校で扱われている水の電気分解は、電解質に主として強酸の硫酸や強塩基(強アルカリ)の水酸化ナトリウムを用いたものである。これらの電解質は危険性が高く、取り扱い方に注意する必要がある。一方、電解質に硫酸ナトリウムを用いると、比較的安全に実験を行うことが可能である。そこで、今回、硫酸ナトリウム水溶液を用いた水の電気分解を実践した。

表1 身近な水溶液とpH値(簡易測定キット法)

サンプル	pH (水素イオン指数)
イオン交換水	5.0
雨水 (和歌山市) 2016.6.7* 2014.8.10* 2013.7.19** 2013.8.25**	5.5 6.0 6.0-7.0 5.0
水道水 (和歌山大学) 2016.8.26*	7.5-8.0
海水 (和歌山市和歌浦) 2016.8.24* (田辺市) 2014.8.20*	8.0-8.5 8.0

\*和歌山大学免許更新授業<sup>4)</sup>

\*\*和歌山大学教育学部ジョイントカレッジ事業<sup>5)</sup>

#### 2. 実験方法

##### 2-1 指示薬を使った硫酸ナトリウム水溶液の電気分解

硫酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (林純薬) 20.0 g をイオン交換水 180 g に溶解させ、10 %硫酸ナトリウム水溶液を調製した。次に、ケニス社製 VN 電気分解装置を組み立て、上記で調製した硫酸ナトリウム水溶液を H 管に注いだ。その後、適量の指示薬(フェノールフタレイン、BTB、メチルオレンジ、ムラサキキャベツ液)を加え、直流 8 V で水の電気分解を行った。

##### 2-2 硫酸ナトリウム水溶液の電気分解時における水素イオン濃度(pH)の変化

ケニス社製 VN 電気分解装置に島津理化社製 pH センサ PS-2102 を取り付け、硫酸ナトリウム水溶液の電気分解時における H 管中の陽極と陰極の pH 変化

を測定した。

### 2-3 寒天ゲルを用いた実験

#### 2-3-1 ムラサキキャベツ液を指示薬に用いたイオンの移動実験

水道水 50 mL に寒天粉約 0.5 g、ケニス社製ムラサキキャベツ粉末 0.5 g を溶かし、ホットスターラで加熱攪拌した。温めた寒天溶液を内田洋行社製イオン移動実験器に流し込み、固まるまで待った。その後、イオン移動実験器の目盛り線上にストローを用いて 4 箇所穴をあけた。この 4 箇所の穴にイオン交換水(弱酸性)、5 % 食塩水(中性)、5 % 塩酸(強酸性)、5 % 水酸化ナトリウム水溶液(強塩基性)をそれぞれ入れた。準備したイオン移動実験器の電極を電源装置(アジレント社製 8001 A)に繋ぎ、直流 5 V で寒天上の色変化とスポットの移動の様子を観察した。

#### 2-3-2 ムラサキキャベツ液を用いた電気分解

10 % 硫酸ナトリウム水溶液 50 mL に寒天粉約 0.5 g、ケニス社製ムラサキキャベツ粉末 0.5 g を溶かし、ホットスターラで加熱攪拌した。温めた寒天溶液をビーカーに入れ、イオンの移動実験と同様に固まるまで待った。そして、鉛筆の芯を電極に用い、直流を流した。

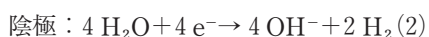
### 3. 結果と考察

#### 3-1 指示薬を使った硫酸ナトリウム水溶液の電気分解

フェノールフタレイン、BTB、メチルオレンジを使った硫酸ナトリウム水溶液の電気分解の様子を写真 1 に示す。陽極の色調はフェノールフタレインでは無色、BTB では黄色、メチルオレンジは赤色であり、酸性を示した。陽極での反応は(1)式で表され、電気分解によって水素イオンが増加する。よって、陽極側は水の電気分解により、より強い酸性溶液に変化するとと言える。



一方、陰極での色調変化はフェノールフタレインでは無色からうすいピンク色、BTB では黄色から青色、メチルオレンジでは赤橙色から黄色に変化し、塩基性を示した。陰極での反応は(2)式で表され、陰極部分での水酸化イオンの濃度が高くなったため塩基性を示したと考えられる。

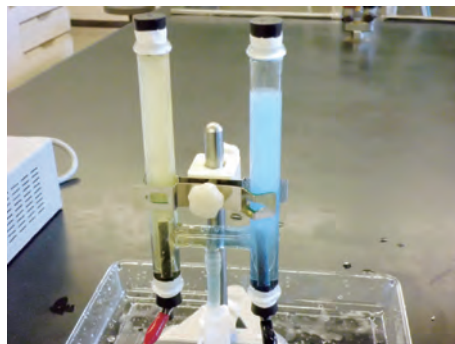


これらの色調の変化は大変顕著であり、電気分解における酸塩基指示薬の使用は両電極での反応を理解するための教材として適していると思われる。

ムラサキキャベツ液の電気分解の様子を写真 2 に示す。ムラサキキャベツ液を指示薬に用いて電気分解を行うと、陽極は赤紫からピンク色、陰極は赤紫から青緑色へと変化した。よって、ムラサキキャベツ液は上記の指示薬とは異なり、時間が経過すると溶液の色がさまざまに変化することがわかった。この点は、水の電気分解により、硫酸ナトリウム水溶液の pH が変化



フェノールフタレイン(PP)



プロモチモールブルー(BTB)



メチルオレンジ(MO)

写真 1 10 % 硫酸ナトリウム水溶液の電気分解の様子  
電源の電圧を 15V に固定して電気分解を行った。指示薬としてフェノールフタレイン(PP)、プロモチモールブルー(BTB)、メチルオレンジ(MO)を用いた。

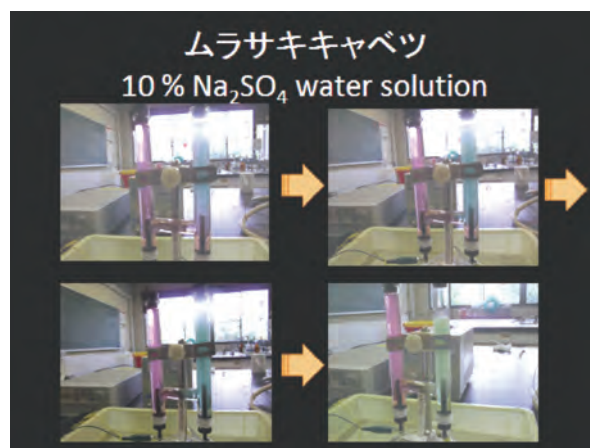


写真 2 ムラサキキャベツ液を使った 10 % 硫酸ナトリウム水溶液の電気分解の様子

していることを視覚的に捉えるよい教材であると言える。

そこで、水の電気分解により、硫酸ナトリウム水溶液の pH がどのように時間変化するかを、実際に pH メーターを用いて実験した。

### 3-2 硫酸ナトリウム水溶液の電気分解時における水素イオン濃度(pH)の変化

10%硫酸ナトリウム水溶液に、3、4、6 V の直流を流したときの水素イオン濃度(pH)の時間変化を図 1 に示す。pH の値が 6 から 12 に大きく変化している領域が陰極であり、pH の値が 6 以下を示す領域が陽極での変化である。陰極での pH 値は電流を流す時間とともに大きくなり、さらに電圧の値が大きいくほど pH 値が大きくなった。一方、陽極では、電圧による pH 値の大きな変化は見られなかった。

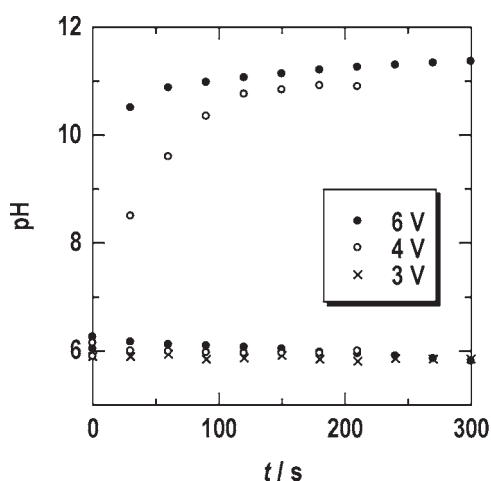


図 1 10% 硫酸ナトリウム水溶液の電気分解時における水素イオン濃度(pH)の変化  
pH が 6-12 は陰極、6 以下は陽極での pH 時間依存性である。

### 3-3 寒天ゲルを用いた実験

ムラサキキャベツ液を使った寒天ゲルのイオンの移動実験の様子を写真 3 に示す。寒天ゲルは水道水を使ったため、ムラサキキャベツの色素が青色に変化した。このことから、今回使った水道水は弱塩基(弱アルカリ)性であると考えられる。この寒天ゲル上にイオン交換水、塩酸、食塩水、そして水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれ滴下すると、写真 3 のように変化した。その後、直流の電気を流すと、塩酸を滴下したピンク色のスポットはマイナス極へ、水酸化ナトリウム水溶液を滴下した黄色のスポットはプラス極へ移動した。イオン交換水、食塩は顕著な色変化を示さなかった。このことから、直流の電気を流すことにより、塩酸中の水素イオン( $H^+$ )がマイナス極側へ、水酸化ナトリウム水溶液中の水酸化物イオン( $OH^-$ )がプラス極側へ移動することが、変色したスポットを観察することにより明確化できた。このようにムラサキキャベツの色変

化を利用することにより、イオンが移動する様子を可視化することができる。

#### 紫キャベツ色素を使ったイオンの移動実験

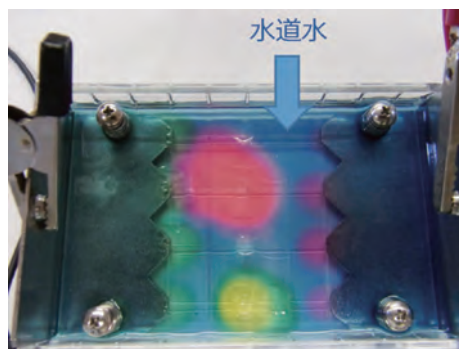


写真 3 ムラサキキャベツ液を使ったイオンの移動実験の様子

寒天ゲルにはムラサキキャベツ液を含んだ水道水、寒天中に穴をあけたスポットには上からイオン交換水、塩酸、食塩水、水酸化ナトリウム水溶液を滴下した。このとき、塩酸のスポットは青色からピンク色、水酸化ナトリウム水溶液のスポットは青色から黄緑、黄色に変化した。そして、5 V の直流を流すことにより、変色したスポットが移動した。左がマイナス極、右がプラス極である。

次に、ムラサキキャベツ液を含んだ寒天ゲルを使って、水の電気分解を行った。寒天ゲルには、イオン交換水に溶かした硫酸ナトリウムが含まれている。電気分解の様子を写真 4 に示す。この実験結果から、陽極の寒天ゲルがピンク色、陰極の寒天ゲルが緑から黄緑に変化していることがわかる。よって、陽極が酸性、陰極が塩基(アルカリ)性であることがわかる。

#### 紫キャベツ指示薬を使った硫酸ナトリウム水溶液における水の電気分解

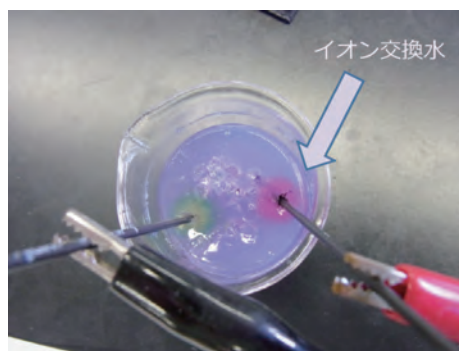


写真 4 ムラサキキャベツ液を使った水の電気分解の様子  
寒天ゲルには、イオン交換水に溶かした硫酸ナトリウムを含んでいる。電極には鉛筆の芯を用いた。

以上の実験からムラサキキャベツ液の酸と塩基(アルカリ)の色変化を利用することにより、水の電気分解やイオンが移動している様子を変色により確認することがわかった。そこで、実際に大学院の授業で、本実験を実践してみた。

## 4. 実践例

今回、ジョイントカレッジ事業<sup>5)</sup>で開講されている



「理科実験観察実習 IA」(2012.8.21)において、ムラサキキャベツ液を用いた水の電気分解やイオンの移動実験を実践した。受講生は大学院生や小中学校の現場教員であり、大きな失敗もなく終了した。このとき、ほとんどの受講生がムラサキキャベツ液の色変化に興味をもち、実験していた(写真5)。



写真5 イオンの移動実験の様子(和歌山大学教育学部)

今回、ムラサキキャベツ液を使って、化学反応の様子を目で見ることができる実験を提案した。そして、実際に授業で実践した結果、予想通りムラサキキャベツ液の色に興味をもって実験することができた。この

ように、実験を可視化することは、理科に興味を持たせ、さらに化学反応を理解する上で大変有効であると思われる。

本研究は、一部ジョイントカレッジ事業<sup>5)</sup>の補助を受けて実施したものである。

#### 本研究を実践した授業

和歌山大学大学院教育学研究科理科実験観察実習 IA  
(ジョイントカレッジ事業<sup>5)</sup>)(2012.8.21)

和歌山大学教育学部化学実験 B(2012-2016)

#### 参考文献

- 1) 小学校理科教科書，わくわく理科6，啓林館(2011)．
- 2) 中学校理科教科書，未来へひろがるサイエンス3，啓林館(2011)．
- 3) 高等学校化学教科書，化学基礎，啓林館(2011)．
- 4) 木村憲喜，佐武昇，オノ神綾，中家亮，鶴飼諭，杉谷隆太，中村文子，和歌山大学教育学部紀要(自然科学)，**66**，13(2016)．
- 5) 木村憲喜，中村文子，和歌山大学教育学部教育実践総合センター紀要，**21**，41(2011)．